

Дорошенко А.В.^{*}, Казак И.И.^{*}, Глауберман М.А.^{}**

^{*}Одесская государственная академия холода,

^{**}ННВЦ при ОНУ имени И.И. Мечникова

Тепломассообменная аппаратура для альтернативной системы кондиционирования воздуха

Рассмотрены существующие направления в разработке солнечных (альтернативных) систем кондиционирования воздуха. Приведены разработанные схемные решения для альтернативных систем кондиционирования воздуха АСКВ, основанные на открытом абсорбционном цикле с прямой регенерацией абсорбента. Показаны принципы конструирования теплообменной аппаратуры для солнечных кондиционирующих систем.

І. Состояние вопроса. Необходимость в кондиционировании воздуха для теплового комфорта в жарких областях мира и изобилие солнечной энергии в этих регионах всегда увлекала разум ученых относительно того как объединить их для пользы людей. Более того по сравнению с другими применениями солнечной энергии, такими как отопление, самая большая потребность в охлаждении возникает именно тогда когда солнечное излучение наиболее интенсивно, таким образом использование его в таком применении тем более привлекательно.

Среди многочисленных тепловых применений солнечной энергии, солнечное охлаждение одно из наиболее сложных, с точки зрения возможности реализации. Это без сомнений одна из причин, почему оно на сегодняшний день не так широко распространено как использование солнечной энергии для нужд отопления помещений и горячего водоснабжения. Сейчас недостаточно собирать, хранить и распределять тепло. Энергия должна быть преобразована в холод посредством соответствующих устройств, способных поглощать тепло при низкой температуре из кондиционируемого помещения и выбрасывать его в наружный воздух, имеющий высокую температуру. В терминах термодинамики можно сказать, что необходимы операции по перекачке тепла.

Рост потребности в кондиционировании воздуха в последние годы, особенно в местах с жарким и влажным климатом, таких как страны средиземноморья, накладывает значительный рост потребности в ресурсах первичной энергии. Энергосистемы общего пользования, имеющие свою пиковую нагрузку в самые жаркие летние дни, и часто сталкивающиеся с ситуациями, при которых происходит снижение напряжения или отключение отдельных потребителей вследствие дефицита мощности, едва способны справиться с нагрузкой[1].

Солнечные тепловые системы используют солнечное тепло, а не электричество для производства холода. Плоские солнечные коллекторы являются наиболее распространенным типом; они состоят из металлического абсорбера, накрытого стеклянными пластинами, и изоляционной оболочки. Вакуумные

солнечные коллекторы имеют более низкие тепловые потери и лучшие рабочие характеристики при высокой температуре. Эффективность солнечного коллектора в основном определяется рабочей температурой. При высокой рабочей температуре потери тепла в окружающую среду большие, коллектор поставляет меньше тепла. С другой стороны, тепловой двигатель или "термокомпрессор" в основном работают более эффективно при более высокой температуре. Солнечные тепловые системы проектируются с учетом эти двух противодействующих тенденций.

Абсорбционное охлаждение наиболее часто применяется для солнечного охлаждения. Оно требует очень низкой или не электрической подводимой мощности и, для той же производительности, физические размеры абсорбционной машины меньше чем адсорбционной из-за высокого коэффициента теплопередачи от абсорбента. Кроме того, текучесть абсорбента дает большую гибкость при реализации более компактных и эффективных машин. Современные абсорбционные технологии могут обеспечить КПД в пределах 0.3 – 1.2 на различных холодильных машинах. Выбор абсорбционной холодильной машины в основном зависит от рабочих характеристик используемого солнечного коллектора.

Открытое сорбционное охлаждение обычно называют осушительным охлаждением, так как сорбент используется для осушения воздуха. Для этого пригодны различные осушители в твердых и жидких фазах. По существу любые поглощающие воду сорбенты могут быть использованы как осушители. К примеру, силикагель, активированный алюминий, цеолит, LiCl и LiBr. Осушительными холодильными системами в настоящее время комплектуются АВОК системы, имеющие в системе каналов устройства управления вентиляцией влажностью и температурой. Испарительное охлаждение предлагает более высокое управление влажностью, чем другие технологии. Когда существует большие потребности в вентиляции и охлаждении, солнечные осушительное охлаждение является хорошей альтернативой.

Современные солнечные абсорбционные холодильные машины не привлекательны с точки зрения финансовых преимуществ. Основная причина – высокие капитальные затраты на солнечную холодильную систему, в которой обычно самая большая часть приходится на солнечные коллекторы. Для снижения капитальных затрат абсорбционные холодильные машины должны работать с меньшими и более дешевыми солнечными коллекторами. То есть КПД любой холодильной машины должен быть увеличен или температура, приводящая в действие систему должна быть снижена. Маловероятно, что снижение стоимости может быть достигнуто только улучшением существующих холодильных машин. Это потребует разработки новых термодинамических циклов и рабочих тел [2].

В статье рассмотрены существующие направления в разработке солнечных (альтернативных) систем кондиционирования воздуха. Сорбционный цикл основан на осушительно-испарительном принципе. Испарительное охлаждение эффективно только в условиях сухого и жаркого климата. Для его использования без ограничения климатических условий наружный воздух предварительно

осушается, что делает последующий процесс испарительного охлаждения сред высокоэффективным. Для осушения воздуха применяются либо гранулированные твердые, либо жидкие сорбенты. В первом случае это адсорбенты, и в качестве их используют гранулированные цеолит, алюмогель, силикогель и пр. Здесь используют в аппаратном оформлении так называемые «вращающиеся колеса», секторы которых заполнены гранулированным адсорбентом и через отдельные сектора которых проходят потоки воздуха, осушаемого и регенерационного нагретого воздуха, что необходимо для восстановления адсорбента. Во втором случае это водные растворы хлористого лития, бромистого лития и др. Предварительный анализ показал преимущества жидких сорбентов, - абсорбентов, и позволил по теплофизическим свойствам выбрать композит на основе бромистого лития. Схемы на жидком сорбенте могут быть с прямой и непрямой регенерацией абсорбента.

Для поддержания непрерывности цикла сорбент следует восстанавливать до первоначальной концентрации (крепкий и слабый растворы абсорбента). Как правило, восстановление (регенерацию) проводят путем прокачивания через аппарат воздушного потока, нагретого до высокой температуры (порядка 130 град. для адсорбента, и порядка 60-90 град. для абсорбента). Солнечная регенерация абсорбента в открытых системах может быть:

- *прямой*, и протекать при непосредственном контакте воздушного потока и пленки абсорбента в воздушном солнечном коллекторе особого типа, то есть регенерация абсорбента здесь протекает при непосредственном воздействии солнечной радиации и воздушного потока;
- *непрямой*, что требует наличия отдельного регенератора-десорбера и солнечной нагревательной системы (гелиосистемы), или нагревателя комбинированного типа, обеспечивающего работу десорбера-регенератора.

Непрямая солнечная регенерация абсорбента в открытых системах предусматривает наличие десорбера с внешним, вынесенным, теплообменником, либо встроенным теплообменником [4,5], куда подается вода, нагретая в гелиосистеме. Обратная задача имеет место в абсорбере, где требуется охлаждение. Чаще всего для этой цели в схему вводят градирню. Очень привлекателен абсорбер с внутренним испарительным охлаждением, создание которого сопряжено с известными конструктивными сложностями.

Прямая солнечная регенерация абсорбента в открытых системах [6,7] протекает при непосредственном контакте воздушного потока и пленки абсорбента в воздушном солнечном коллекторе, то есть регенерация абсорбента здесь протекает при непосредственном и одновременном воздействии солнечной радиации и воздушного потока. В работе [13] был сделан вывод относительно преимуществ систем с прямой регенерацией абсорбента над системами с непрямой регенерацией. Этот вывод нуждается в подтверждении и конкретизации, поскольку в настоящее время находят применение оба типа систем и для каждого из них, как будет показано ниже, характерны как достоинства, так и проблемы практической реализации.

Один из вариантов альтернативной системы кондиционирования воздуха АСКВ с прямой регенерацией абсорбента был исследован в работе

P. Gandhidasan [по работе 13]. Интерес представляет использование солнечного коллектора-регенератора прямого типа (СК-Р), в котором гравитационное течение пленки абсорбента по наклоненному под определенным углом к горизонту СК-Р сопровождается противоточным движением воздушного потока, что обеспечивается солнечной энергией. То есть солнце здесь обеспечивает как поступление требуемого для регенерации абсорбента тепла, так и движение воздуха, выносящего влагу из регенератора. Очевидно, что такая система оказывается особенно чувствительной к уровню солнечной радиации и важную роль здесь играет бак-теплоаккумулятор. В работе приведены расчетные зависимости, характеризующие эффективность АСКВ из которых следует:

- с ростом температуры наружного воздуха эффективность АСКВ снижается; увеличение концентрации абсорбента (использовался раствор хлористого лития) приводит к ожидаемому росту эффективности процесса осушения воздуха;
- наиболее серьезно влияет на процесс осушения воздуха температурный уровень охлаждения воды в градирне, обслуживающей абсорбер (осушитель воздуха).

P. Gandhidasan [16] выполнил анализ технических характеристик осушительной холодильной системы с замкнутым циклом, использующей солнечную энергию для регенерации. Система, работающая в режиме вентиляции, используя жидкий осушитель, была предложена для таких мест как Дахран, Саудовская Аравия, где в летние месяцы существуют высокие уровни температуры и влажности. Осушенный наружный воздух, охлаждается адиабатно путем испарительного охлаждения, затем слабый раствор осушителя регенерируется с помощью солнечной энергии. Для данной холодильной системы было получено выражения для прогнозирования количества теплоты, удаленной из кондиционируемого помещения в зависимости от начальных параметров. Так же рассмотрено влияние параметров окружающего воздуха, излучения, температуры охлаждающей воды и концентрации раствора в осушителе. Было выполнено численное моделирование, обнаружившее, что все выше перечисленные параметры имеют значительное влияние на работу холодильной системы.

W.B. Ma и др. [по работе 13] выполнили детальный теоретический анализ двухступенчатой Li/H₂O абсорбционной холодильной системы, состоящей из испарителя, абсорбера низкого давления, генератора низкого давления, абсорбера высокого давления, генератора высокого давления, конденсатора, теплообменников высокого и низкого давления, приводимой в действие низкотемпературным источником. Сравнение результатов теоретического анализа и предварительных экспериментов с экспериментальной установкой мощностью 6кВт показало, что теоретический анализ может отображать реальную систему с приемлемой погрешностью, и полезен для будущих исследований.

В работе [13] рассматривается исследование нового абсорбционного теплового насоса способного использовать низкопотенциальные источники тепла, такие как солнечное тепло, отработанное тепло и подобные источники энергии. В отличие от большинства систем с замкнутым циклом, требующий температуры подвода тепла гораздо более высокой, чем температуры отвода, представ-

ленный цикл способен работать при очень маленьком перепаде температур между источником и приемником. Осушенный наружный воздух используется для производства охлажденной воды в испарительном охладителе и затем для регенерации абсорбента. Непосредственное применения этого осушитель-испаритель-регенатор цикла – охлаждение и кондиционирование воздуха, но могут быть рассмотрены и применения в промышленной перекачке тепла. Компьютерное моделирование цикла было проведено с использованием модульной компьютерной программы, написанной для абсорбционной системы с замкнутым циклом с различными конфигурациями цикла и различными рабочими жидкостями. Рабочие характеристики были определены для широкого диапазона условий работы и были исследованы влияние различных расчетных параметров. Цикл выглядит очень перспективным для решения ряда практических задач.

II. Принцип работы и особенности схемных решений. Суть открытого абсорбционного цикла заключается в том, что наружный воздух предварительно осушается в условиях непрерывного цикла, так что при этом резко возрастают потенциалы испарительного охлаждения с использованием осушенного воздуха, который затем поступает в испарительный охладитель прямого либо непрямого типа (либо комбинированного типа, объединяющий возможности нескольких различных способов испарительного охлаждения), где может быть обеспечено глубокое охлаждение среды в альтернативных холодильных системах АХС (в альтернативных системах кондиционирования воздуха комфортного и технологического назначения АСКВ обеспечивается получение воздуха с требуемыми параметрами комфортности по температуре и относительной влажности). При этом процесс испарительного охлаждения может быть эффективен безотносительно параметров наружного воздуха (его относительной влажности и влагосодержания), то есть, использован повсеместно для решения указанных задач кондиционирования воздуха, не прибегая к искусственному холоду.

Перспективность практического использования альтернативных систем определяется их следующими достоинствами:

- *Экологическая чистота* (проблема глобального потепления, озонобезопасность и пр.);
- *Сравнительно низкие энергозатраты* (примерно в два раза ниже по сравнению с парокомпрессионными охладителями);
- *Возможность комплексного решения ряда задач жизнеобеспечения*: горячего водоснабжения, отопления, охлаждения и кондиционирования (в частности, осушения) для жилых и производственных объектов, используя единую солнечную систему.

Однако этим системам присущи и серьезные недостатки, сдерживающие практическое развитие этого направления:

- *Большие габариты*, обусловленные низкими движущими силами (температурными напорами), что свойственно вообще любому типу альтернативного источника энергии;

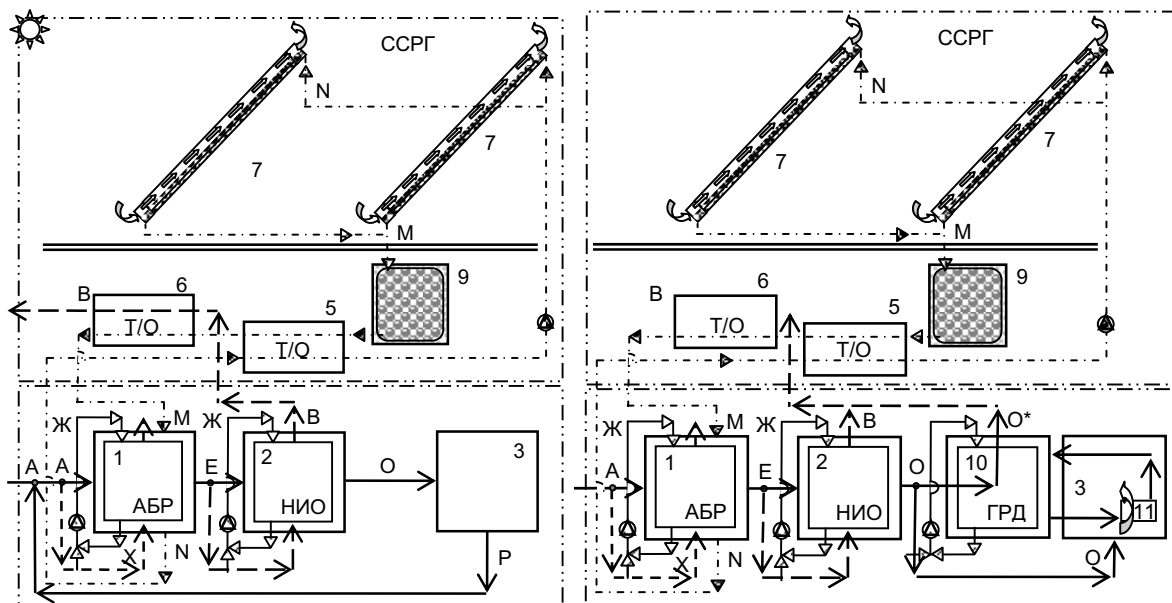


Рис. 1. Принципиальная схема солнечной системы кондиционирования воздуха ССКВ на основе открытого абсорбционного цикла с прямой регенерацией абсорбента. Подача в помещение воздуха, прошедшего термовлажностную обработку.

Обозначения: 1 – абсорбер с внутренним испарительным охлаждением; 2 – испарительный охладитель непрямого типа; 3 – помещение; 4, 5, 6 – теплообменники; 7 – солнечный коллектор-регенератор; 9 – емкость для раствора абсорбента.

А – наружный воздух; Е, – осушенный в абсорбере воздух; О, В – основной и вспомогательный воздушные потоки после НИО; М, N – крепкий и слабый растворы абсорбента; Р – воздушный поток из помещения (рециркуляционный воздушный контур).

Рис. 2. Принципиальная схема солнечной системы кондиционирования воздуха ССКВ на основе открытого абсорбционного цикла с прямой регенерацией абсорбента. Подача в помещение охлажденной воды и обработанного воздуха.

Обозначения: 1 – абсорбер с внутренним испарительным охлаждением; 2 – испарительный охладитель непрямого типа; 3 – помещение; 5, 6 – теплообменники; 7 – солнечный коллектор-регенератор; 9 – емкость для раствора абсорбента; 10 – испарительный охладитель воды (двухконтурная градирня); 11 – водо-воздушный теплообменник.

А – наружный воздух; Е, Е* – осушенный в абсорбере воздух; О, В – основной и вспомогательный воздушные потоки после НИО; М, N – крепкий и слабый растворы абсорбента.

- Большое количество теплообменных аппаратов, входящих в состав систем, что требует значительных энергозатрат на организацию движения теплоносителей (работа воздушных вентиляторов и жидкостных насосов);
- Проблематичность использования только солнечной энергии для регенерации абсорбента для достижения требуемых температур охлаждения сред в АХС и параметров кондиционирования (параметров комфортности жилых помещений) в АСКВ;
- Большие площади, занимаемые солнечной частью системы (прием солнечной энергии, ее накопление в баке-теплоаккумуляторе БТА); следует также



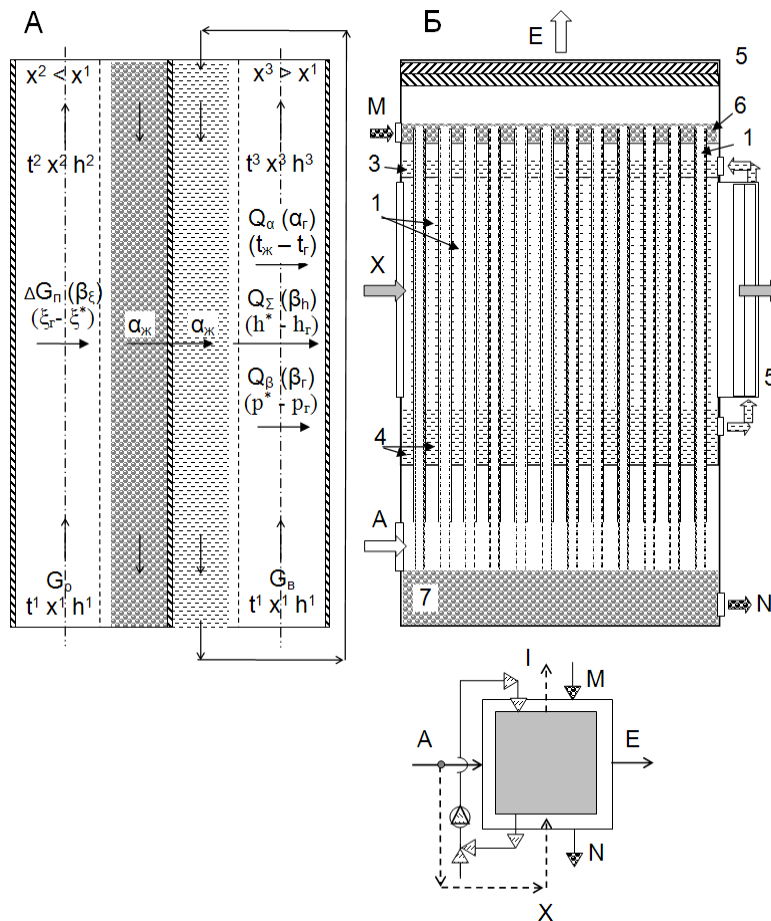


Рис. 3. Абсорбер с внутренним испарительным охлаждением (патент Украины № 74526).

Обозначения: 1, 2 – воздушные каналы для основного (осушаемого) и вспомогательного воздушных потоков; 3 – распределитель воды; 4 – емкость для воды; 5 – каплеотделитель; 6 – распределитель абсорбента; 7 – емкость для абсорбента

отметить, что на солнечную часть АСКВ приходится и основная стоимость всей системы.

Благодаря выполненным в последние годы исследованиям появилась возможность создания полимерного типа солнечного коллектора СК-регенератора абсорбента (СК-Р), что обеспечивает новую жизнь альтернативных систем с прямой регенерацией абсорбента, если учесть, что основная стоимость и вес этих систем приходится именно на систему солнечной регенерации.

На рис. 1 и 2 приведены разработанные схемные решения для альтернативных систем кондиционирования воздуха АСКВ, основанные на открытом абсорбционном цикле с прямой регенерацией абсорбента. Сердцем таких систем является солнечный коллектор-регенератор.

Схемы работают следующим образом: наружный воздух А поступает в абсорбер с внутренним испарительным 1, где предварительно осушается, после чего охлаждается в испарительный охладитель непрямого типа 2 и подается в помещение. На схеме, показанной на рис. 2, часть воздуха после непрямого испарительного охладителя (НИО) направляется в градирню 10 которая, исполь-

зуется для охлаждения воды подаваемой в помещение. Абсорбент восстанавливается в солнечном коллекторе-регенераторе СК-Р (десорбере) с использованием воздушного потока, движение которого, как и разогрев сорбента обеспечивается солнечной энергией. Крепкий раствор абсорбента, покидающий СК-Р, направляется через систему регенеративных теплообменников 5-6, где охлаждается, передавая часть теплоты слабому раствору абсорбента и вспомогательному потоку воздуха покидающего НИО, в абсорбер 1. Воздушный поток (свежий наружный воздух), при осушении в абсорбере 1, снижает влагосодержание и температуру точки росы, что обеспечивает значительный потенциал охлаждения в испарительном охладителе.

Новизна АСКВ и ее особенности заключаются в следующем:

- Число теплообменных аппаратов в схеме минимизировано за счет реализации в каждом из аппаратов нескольких процессов одновременно; это уменьшает габариты блока охлаждения и суммарное сопротивление движению воздушных потоков в схеме;
- Обрабатываются одновременно оба потока, воды и воздуха, подаваемые в кондиционируемое помещение (дополнительно используется двухконтурная градирня), что делает схему удобной в оперативном отношении и способствует обеспечению кратности циркуляции воздуха в помещении (в соответствии с требованиями существующих нормативов);

III. Теплообменная аппаратура для альтернативных систем.

Важнейшим вопросом, определяющим будущность альтернативных солнечных систем, является создание высокоэффективной теплообменной аппаратуры (абсорбер, десорбер, испарительные охладители, теплообменники). Поскольку число таких аппаратов, входящих в состав систем достаточно велико, это требует значительных энергозатрат на организацию движения теплоносителей. С термодинамической точки зрения, учитывая малые движущие силы процессов, характерные для открытых абсорбционных систем, привлекательно увеличение количества теплообменных аппаратов в схемах, но это связано, конечно, с ростом энергопотребления и общих габаритов оборудования.

В современных системах используют аппараты пленочного типа. Это многоканальные структуры с каналами, в которых по стенкам пленкой стекает жидкость (вода, раствор абсорбента) а в середине канала движется воздушный поток. Для таких аппаратов важно следующее: устойчивость течений, то есть условия, когда газовый поток не нарушает пленочное течение жидкости; сравнительно большие скорости движения газа, чтобы аппараты были небольшими; использование материалов для насадки, которые не подвергаются разрушительному воздействию сред (коррозия); использование размеров каналов, чтобы они не подвергались загрязнению отложениями. Размер канала (эквивалентный диаметр) составляет 15-25мм. Высота насадки до 1 метра. Скорость движения потоков в каналах составляет 6-8 м/с. Схема контакта потоков, как правило, поперечноточная, при горизонтальном движении газа[11].

Общим требованием к теплообменной аппаратуре (ТМА) для разрабатываемых альтернативных систем является

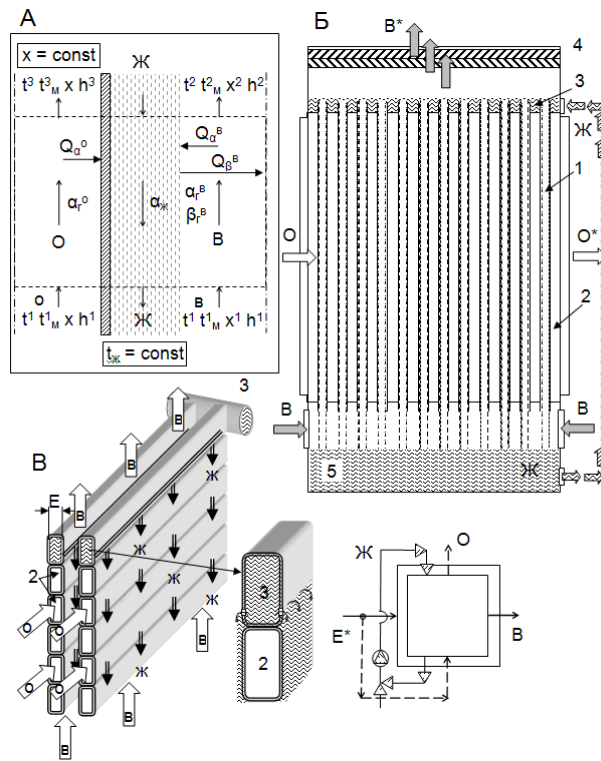


Рис. 4. Испарительный охладитель воздуха непрямого типа (патент Украины № 73696)
 Обозначения: 1, 2 – каналы вспомогательного и основного потоков воздуха; 3 – распределитель воды; 4 – каплеотделитель; 5 – водяная емкость

- Большая поверхность теплообмена;
- Сравнительно небольшие аэродинамические сопротивления движению теплоносителей через аппарат;
- Линейность построения схем течения всех потоков с учетом необходимости совместной работы нескольких таких аппаратов в едином блоке охлаждения.

Выбор материала для изготовления насадки основан на результатах предварительных исследований авторов [11]. Основываясь на этих результатах, были разработаны рекомендации к формованию базового элемента РН для ТМА из пластмассы (поликарбонатных плит многоканальной структуры), с учетом оптимальных геометрических характеристик. Был проведен анализ ПМ, которые могут быть использованы в конструкции ТМА, который показал, что одним из перспективных материалов является поликарбонат, выпускаемый в виде многоканальных плит. Плита сотового поликарбоната представляет собой два параллельных листа с поперечными перегородками в цельной единой структуре. Это позволяет снизить толщину несущей пластины и, в то же время, обеспечить требуемую жесткость конструкции в целом.

Более подробно были изучены свойства материала. Температурный диапазон эксплуатации для поликарбоната составляет от -40 до $+120^{\circ}\text{C}$, что позволяет использовать его в «открытых» системах, к которым относятся испарительные охладители и солнечные коллекторы осушительно-испарительных систем.

При длительном воздействии солнечного излучения важное значение имеет устойчивость материала к ультрафиолетовому излучению УФИ. Поликарбонатные панели ПК производятся со специальным покрытием, предотвращающим разрушающее воздействие УФИ на материал такой насадки.

Сотовые панели из ПК отличаются высокими механическими характеристиками, такими, как твердость и стойкость к ударным воздействиям при длительном содержании на открытом воздухе. Панели из ПК прошли несколько международных тестов: в США – ASTM E822 – 87, в Швейцарии – успешный тест EMPA согласно SIA Norm 280 (1977). Испытания по методу Гарднера – метод определения стойкости к ударам падающих предметов (Gardner Falling Dart Impact Test) – показали, что сотовые поликарбонатные панели обладают высокой степенью поглощения энергии по сравнению с другими материалами. Это свойство гарантирует высокую стойкость к воздействию града и падающих предметов.

На основе поликарбонатных листов и многоканальных плит разработаны принципы конструирования испарительных охладителей. Испарительный охладитель (рис. 4) непрямого типа устроен следующим образом: он имеет три потока, два воздушных и один водяной. В одних каналах движется водяная пленка и вспомогательный воздушный поток. Вода охлаждается при испарении в воздух и через разделяющую каналы стенку отводит тепло от основного воздушного потока, который движется в соседнем канале. Этот воздух охлаждается бесконтактно, что принципиально важно для систем кондиционирования воздуха. Пределом испарительного охлаждения является температура мокрого термометра воздуха.

Для уменьшения числа аппаратов в схеме надо совмещать несколько процессов в одном аппарате. Например, абсорбер (рис. 3), в котором осушается воздушный поток. Через него движется осушаемый воздушный поток и пленка абсорбента. Но к абсорберу дополнительно в схеме обычно находится градирня, в которой охлаждается вода, и эта вода охлаждает абсорбент на входе в абсорбер в специальном теплообменнике. Это делается потому, что в процессе абсорбции выделяется тепло. Разработан абсорбер с внутренним испарительным охлаждением, в котором реализуется два процесса в соседних каналах насадки аппарата. В одном канале движется осушаемый воздух и пленка абсорбента, во втором канале, через стенку, движется вспомогательный воздушный поток и пленка воды. Вода охлаждается и через разделяющую каналы стенку аппарата отводит тепло абсорбции. Таким образом, устраняются из схемы сразу два аппарата, - градирня и соответствующий теплообменник.

Принцип совмещения нескольких рабочих процессов в одном аппарате обеспечивает снижение общего числа ТМА в системе, ее габаритов и веса. В конечном итоге, это позволяет снизить и энергозатраты на собственные нужды системы, поскольку устраняет часть коммуникаций. Примерами такого рационального совмещения являются прямой испарительный охладитель НИО в охладительной части АСКВ, абсорбер и десорбер в осушительной части схемы.

Сложность конструкции ТМА совмещенного типа порождает дополнительные технологические задачи: необходимость разводки всех потоков и гер-

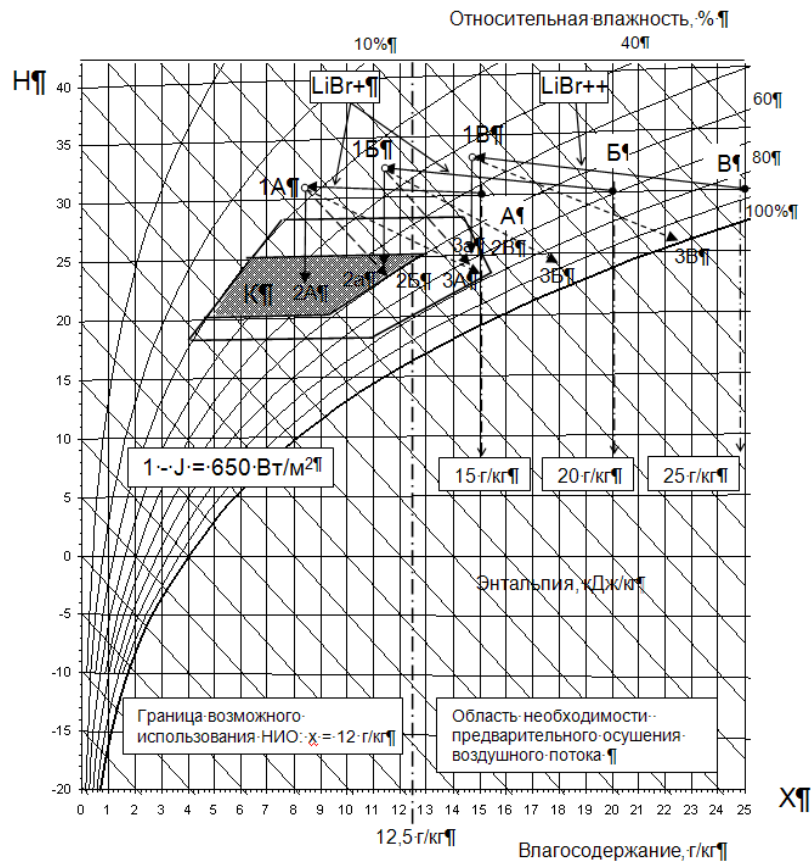


Рис. 5. Принципиальные возможности разработанных солнечных систем кондиционирования воздуха на основе открытого абсорбционного цикла с прямой солнечной регенерацией абсорбента (поддержка непрерывности процесса осушения воздуха). Рабочие процессы в ССКВ при уровне солнечной активности $J = 650 \text{ Вт/м}^2$. Расчетные данные. Обозначения: 1-2 и 1-3 – процессы по основному и вспомогательному потокам воздуха, соответственно; 1-2а – процесс адиабатический (изоэнтальпийный процесс обработки воздуха). К – зона комфортных параметров воздуха.

метизации рабочих полостей аппаратов. Но в целом, все основные аппараты схем устроены идентично и содержат теплообменные элементы, размещенные внутри аппарата, так что основной и вспомогательный процессы протекают в них одновременно. То есть все основные ТМА данной системы могут быть унифицированы, что обеспечивает единство технологических операций при их изготовлении.

IV. Анализ возможностей разработанных солнечных систем.

Рис. 5 иллюстрируют на h-x диаграмме влажного воздуха принципиальные возможности разработанных солнечных систем кондиционирования воздуха на основе открытого абсорбционного цикла с прямой солнечной регенерацией абсорбента. Видно, что принцип осушительно-испарительного охлаждения обеспечивает получение комфортных параметров воздуха для самых тяжелых условий эксплуатации солнечных систем кондиционирования воздуха и получение

требуемых параметров воздуха может быть достигнуто только методами испарительного охлаждения, не прибегая к парокомпрессионной технике, преимущественно используемой в существующих системах кондиционирования.

Литература:

1. *Gershon Grossman*. Solar-powered systems for cooling, dehumidification and Air-conditioning. // *Solar Energy*. – 2002. – Vol. 72, № 1. – P. 53–62.
2. *Kim D.S., Infante Ferreira C.A.* Solar refrigeration options – a state-of-the-art review // *International journal of refrigeration*. – 2008. – V. 31. – P. 3 – 15.
3. Патент на винахід № 73697, «Спосіб двоступінчатого комбінованого охолодження і кондиціонування повітря», 2005, *Дорошенко О., Дем'яненко Ю., Горін О., Філіпцов С.*
4. *Hellman H.-M., Grossman G.* Improved Property Data Correlations of Absorption Fluids for Computer Simulation of Heat Pump Cycle. // *Ashrae transactions*. – 1996. – V.102, Pt. 1. – 18 p.
5. *Дорошенко А., Кириллов В., Демьяненко Ю., Лавренченко Г., Власюк В.* Вентиляторные градирни с регулярной насадкой для централизованных систем оборотного водоснабжения: теория и инженерные разработки // *Технические газы*. – 2002. – №3. – С. 40-51.
6. Патент на винахід № 73696, «Спосіб непрямого випарного охолодження повітря або води», 2005, *Дорошенко О., Дем'яненко Ю., Горін О., Філіпцов С.*
7. Патент на винахід № 74524, «Двухконтурная мокро-сухая вентиляторная градирня», 2005, *Горин А., Филипцов С., Дорошенко А., Демьяненко Ю., Бузань А.*
8. *Henning H.* (Co-ordinator), Solar desiccant cooling system for an office building in Portugal, Contract EU Thermie No. REB/78/95/DE/PO.
9. *Дорошенко А., Демьяненко Ю., Филипцов С., Горин А.* Испарительные охладители непрямого и комбинированного типов для СКВ // *Холодильная техника и технология*. – 2005. – № 2. – С.46–52.
10. *Ziegler F., Kahn R., Summere F., Alefeld G.* Multi-effect absorption chillers. *Rev. Int. Froid*, Vol. 16, No. 5. – 1993. – P. 301-311.
11. *Дорошенко А.* Компактная теплообменная аппаратура для холодильной техники (теория, расчет, инженерная практика). Докторская диссертация, Одесский институт низкотемпературной техники и энергетики. Одесса. – 1992. – Т. 1. – 350 с.; Т. 2. – 260 с.
12. *Дорошенко А., Гликсон А.* Гелиосистемы и тепловые насосы в системах автономного тепло- и хладоснабжения. // *АВОК (Вентиляция, отопление, кондиционирование воздуха, теплоснабжение и строительная теплофизика)*. – 2004. – №7. – С. 2-6.
13. *Горин А.Н., Смынтына В.А., Дорошенко А.В., Глауберман М.А.* Солнечная энергетика. (Теория, разработка, практика) – Донецк: Норд-Пресс, 2008. – 364 с.

14. *Doroshenko. A. Alternative Refrigeration Systems. // Humboldt-Kolleg "Energy Challenges off the 21st Century: Science, Technology, Economy, Society", Odessa. – August 24-27, 2007.*
15. *Дорошенко А.В., Демьяненко Ю.И., Филипцов С.Н., Горин А.Н. Испарительные охладители комбинированного типа для систем кондиционирования воздуха // АВОК (Вентиляция, отопление, кондиционирование воздуха, теплоснабжение и строительная теплофизика). – 2005. – №6. – С. 58-63.*
16. *Gandhidasan P. Performance analysis of an open-cycle liquid desiccant cooling system using solar energy for regeneration // International journal of refrigeration. – 1994. – Volume 17. – Number 7.*

Doroshenko A.V, Kazak I.I., M.A. Glauberman

Heat-mass exchange equipment for air conditioning alternative system

SUMMARY

Existing directions in development of solar air-conditioning system are considered. Developed circuit designs for alternative air-conditioning system AACS, based on open absorption cycle with direct regeneration of absorbent, are presented. Principles of designing heat-mass exchange equipments for solar conditioning systems are shown.

Дорошенко О.В, Казак І.І., Глауберман М.А.

Тепломасообмінна апаратура для альтернативної системи кондиціонування повітря

АНОТАЦІЯ

Розглянуто існуючі напрямки в розробці сонячних (альтернативних) систем кондиціонування повітря. Наведено розроблені схемні рішення для альтернативних систем кондиціонування повітря АСКП, побудовані на відкритому абсорбційному циклі із прямою регенерацією абсорбенту. Показано принципи конструювання тепломасообмінної апаратури для сонячних кондиціонування систем.